

Verfahren zum Verdichten einer Oberfläche eines Holzwerkstückes und Vorrichtung hierzu

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verdichten einer Oberfläche eines Holzwerkstückes sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Der Begriff des Holzwerkstückes sei im Rahmen der Beschreibung dieser Erfindung und der Patentansprüche nicht nur auf massive Werkstücke, welche aus Holz, wie z.B. Fichte, Tanne, Eiche hergestellt werden, begrenzt. Das im folgenden beschriebene Verfahren und die zugehörige Vorrichtung sind in gleicher Weise auf alle in materialtechnischer Hinsicht holzähnliche Materialien, wie z.B. Bambus, Schilf und andere auf Holz basierende Werkstoffe, wie Sperrholz, Spanplatte und/oder holzhaltiges oder mit Harzen angereichertes Papier, anwendbar, insofern jene Bestandteile des Holzes, welche zur Herstellung der thermoplastischen Klebmasse nötig sind, zumindest in dem dem erfindungsgemäßen Verfahren unterworfenen Bereich vorhanden sind.

Verfahren, die eine Verdichtung von porösen Werkstoffen beinhalten, ermöglichen eine Verbesserung der mechanischen Eigenschaften dieser porösen Werkstoffe. Eine solche Verdichtung ist im allgemeinen gekennzeichnet durch eine Anhebung der spezifischen Dichte; dies geschieht bei porösen Werkstoffen, wie beispielsweise Holz, nach heutigem Stand der Technik durch erstens eine Kompression der Zellen und/oder zweitens eine Imprägnierung der von den Zellwänden eingeschlossenen Hohlräumen.

1. Durch eine Komprimierung der Holzzellen wird der von den Zellwänden eingeschlossene Hohlraum verringert. Wie in „KOLLMANN Franz, COTÉ Wilfried A.: Principals of Wood Science and Technology, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1968“ und „Parviz NAVI, Fred GIRARDET: Effects of Thermo-Hydro-Mechanical Treatment on the Structure and Properties of Wood, Holzforschung 54 (2000) p. 287-293 (Offprint) Verlag Walter de Gruyter Berlin New York“ beschrieben, erfolgt nach vorheriger Reduktion des Elastizitätsmoduls eine solche Deformation der Holzzellen in Richtung der geringeren Knicklänge und geringeren Steifigkeit der Holzzellenwand, d.h. in der Hauptsache in der Querschnittsebene eines Stammes, also senkrecht zur Faserrichtung. Dadurch kommt es zu keiner Schädigung der Holzstruktur (vgl. DE 601 162 A; Verfahren und Vorrichtung zum Verdichten von Holz).
2. Die Dichte eines porösen Werkstoffes kann durch das Imprägnieren des Werkstückes, d.h. das Ausfüllen der Zellenhohlräume des Holzes mit einem geeigneten Stoff erhöht werden. In Abhängigkeit der gewünschten Imprägnierungstiefe und der Porosität einer solchen Imprägnierung muss eine

geeignete Imprägnierungsmasse gewählt beziehungsweise müssen äußere Umstände, wie beispielsweise Druck oder Temperatur geschaffen werden (vgl. „Franz F.P. KOLLMANN, Wilfried A. COTÉ Jr., Principals of Wood Science and Technology, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1968“ und DE 636 413; Verfahren zum Herstellen von verdichteten Holzwerkstoffen).

Aus der US 6,047,751 A ist es bekannt, ein Holzwerkstück mittels Ultraschall zu erhitzen und sodann zu komprimieren, wodurch das Volumen des Holzwerkstückes insgesamt verringert und das Holz entwässert und verfestigt wird. Hierbei kommt es zu keiner Zerstörung der Zellen des Holzes.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen, mit welchen eine verdichtete Oberfläche eines Holzwerkstückes herstellbar ist, wobei eine besonders hohe Dichtheit der Oberfläche erzielbar ist, und zwar ohne Hinzufügung von fremdartigen Materialien oder chemischen Substanzen.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs beschriebenen Art dadurch gelöst, dass die Oberfläche des Holzwerkstückes - unter Vermeidung eines Sauerstoffzutritts - durch eine Energiezufuhr zur Oberfläche, welche Energiezufuhr eine reibende Relativbewegung am Holzwerkstück und damit eine Erwärmung desselben bewirkt, unter Druck bis zur Bildung von von dem Holzwerkstück stammender thermoplastischer Klebmasse in zumindest Teilbereichen erhitzt wird, worauf die Oberfläche und ein Volumsbereich unter der Oberfläche unter Abkühlung derselben unter Druckausübung verdichtet wird. Dieses Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass keine fremdartigen Materialien oder chemische Substanzen vor, während oder nach dem Prozess hinzugefügt werden müssen, vielmehr wird ausschließlich das Holzwerkstück gezielt modifiziert, um in den dem beschriebenen Verfahren unterworfenen Bereichen eines Holzwerkstückes bzw. mehrerer Holzwerkstücke eine abriebfeste und stoßfeste sowie eine gegenüber dem unbehandelten Holz wesentlich härtere Oberfläche zu erzielen.

Verbindungen von Holzwerkstücken lassen sich grob in zwei Gruppen aufteilen (vgl. auch WO 00/97137; Integral Joining). Die erste Gruppe besteht darin, dass die Übertragung der Kräfte zwischen den Holzwerkstücken durch ein die Kräfte übertragendes Element bewerkstelligt wird, welches an die Oberflächen der zu verbindenden Holzwerkstücke beispielsweise aufgeklebt ist. Die so hergestellte material- oder formschlüssige Verbindung ist in der Praxis auf die Kontaktflächen der Holzwerkstücke beschränkt. Jene

Werkstückbereiche, die sich außerhalb der Kontaktfläche befinden, haben keinen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften der Verbindung.

Die zweite Gruppe von Verbindungen beruht darauf, dass Teile des verbindenden Elementes in das Innere der Holzwerkstücke hineinreichen und dass auch jene Teile der Holzwerkstücke außerhalb der Kontaktfläche die mechanischen Eigenschaften der hergestellten Verbindung maßgeblich beeinflussen. Verbindungen, die dieser Gruppe angehören, sind im allgemeinen höher belastbar.

Die Erfindung stellt sich weiters die Aufgabe, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen mit welchen eine Verbindung zweier Holzwerkstücke gemäß der oben beschriebenen zweiten Gruppe durchführbar ist, wobei das Hinzufügen fremdartiger Materialien oder chemischer Substanzen vermieden werden kann.

Diese Aufgabe der Erfindung wird dadurch gelöst, dass sowohl die Kontakt-Oberfläche eines ersten Holzwerkstückes als auch die Kontakt-Oberfläche eines zweiten Holzwerkstückes - unter Vermeidung eines Sauerstoffzutritts - durch eine Energiezufuhr in die Kontaktflächen, welche Energiezufuhr eine reibende Relativbewegung zwischen den Holzwerkstücken und damit eine Erwärmung und vor allem durch diese Erwärmung sowie durch die reibende Relativbewegung eine Zerstörung der Zellenstruktur bewirkt, unter Druck bis zur Bildung von thermoplastischer Klebmasse in zumindest Teilbereichen der einander kontaktierenden Oberflächen erhitzt werden, wobei die beiden Holzwerkstücke durch Druck mit ihren Kontakt-Oberflächen gegeneinander gepresst werden, worauf die Kontakt-Oberflächen der beiden Holzwerkstücke und Volumsbereiche unter diesen Oberflächen abgekühlt werden, ein Oberflächenbereich mindestens eines der Holzwerkstücke unter Druck verdichtet wird und unter Eindringen der thermoplastischen Klebmasse unter die Kontakt-Oberfläche des bzw. der verdichteten Holzwerkstücke(s) ein Verschweißen der Holzwerkstücke durchgeführt wird.

Im Unterschied zu Verfahren, welche dem Stand der Holzverbindungstechnik entsprechen, wird erfindungsgemäß die Klebmasse aus den zu verbindenden Holzwerkstücken durch gezielte Energiezufuhr gewonnen. Zusätzlich findet eine Verdichtung der Holzwerkstücke in und um den Bereich der Fügefläche statt, so dass die Festigkeit der so hergestellten Verbindungen durch Materialeigenschaften jener Teile im Fugenbereich und der im Inneren der Holzwerkstücke befindlichen Teilbereiche maßgeblich erhöht wird. Es handelt sich somit um eine „Press-Schweißverbindung“ der beiden Holzwerkstücke.

Für das Erzielen besonders guter Ergebnisse wird vorzugsweise das Holzwerkstück bzw. werden die Holzwerkstücke während der Energiezufuhr auf einen vorbestimmten Höchst-Feuchtgehalt und/oder auf eine vorbestimmte Mindesttemperatur und/oder Oberflächenbeschaffenheit, wie Rauigkeit, konditioniert, beziehungsweise kann das Holzwerkstück bzw. können die Holzwerkstücke vor der Energiezufuhr auf einen vorbestimmten Höchst-Feuchtgehalt, auf eine vorbestimmte Mindesttemperatur und/oder Oberflächenbeschaffenheit konditioniert werden.

Eine bevorzugte Verfahrensvariante ist dadurch gekennzeichnet, dass die Reibung durch eine schwingende Relativbewegung zwischen der Oberfläche des Holzwerkstückes und der Oberfläche eines Gegenwerkstückes erzeugt wird, insbesondere in Form einer linear schwingenden Relativbewegung (Bewegungseinrichtung in etwa parallel zur Oberfläche) oder in Form einer Ultraschallbewegung (Bewegungsrichtung in einem beliebigen Winkel, vorzugsweise rechtwinkelig zur Oberfläche des Holzwerkstückes), wobei vorteilhaft die Relativbewegung mit Hilfe von Ultraschall bewirkt wird.

Soll eine erfindungsgemäße Verbindung zwischen zwei Holzwerkstücken geschaffen werden, so wird als Gegenwerkstück ein zweites Holzwerkstück verwendet.

Die hier beschriebene Erfindung stellt sich weiters die Aufgabe der Herstellung einer verdichteten Oberfläche eines Holzwerkstückes, insbesondere einer, die in Hinblick auf Abrieb und Stoßfestigkeit besonders stabil ist, wobei als Gegenwerkstück ein Gegenwerkstück mit einer höheren Schmelz- und Siedetemperatur als das Holzwerkstück und mit einer glatten Oberfläche mit einem geringen, ein Haften vermeidenden Benetzungswinkel, wie eine metallische oder verspiegelte Oberfläche, verwendet wird.

Der natürliche Werkstoff Holz wird durch seine innerhalb des Werkstückes variierenden Werkstoffeigenschaften charakterisiert, die gleichermaßen, wie bei gängigen Holzbearbeitungsarten, das Verfahren und die danach geschaffene Holzverbindung unterschiedlich beeinflussen. Das hier vorgestellte Verfahren stellt sich in bezug auf die oben vorgestellten anwendungsspezifischen Aufgaben auch die Aufgabe, das hier diskutierte Verfahren des Verdichtens und die Vorrichtungen hierzu an die variierenden Materialeigenschaften des natürlichen Werkstoffes Holz anzupassen. Im Unterschied zu Verfahren, welche dem Stand der Schweißtechnik und/oder der Holzverbindungstechnologie entsprechen, ist es somit möglich, den Grad des erfindungsgemäßen Verdichtens in Abhängigkeit von Eigenschaften des bzw. der Holzwerkstücke, insbesondere in Abhängigkeit der Dichte, durchzuführen, somit das Entstehen von von den variierenden

Materialeigenschaften von Holz herrührenden Diskontinuitäten in den dem Verfahren unterworfenen Bereichen zu verhindern.

Das Verdichten kann auch zweckmäßig in Abhängigkeit eines mechanischen Festigkeitswertes des bzw. der Holzwerkstücke(s) durchgeführt werden.

Für großflächige Holzwerkstücke hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn das Verfahren zunächst über eine Teiloberfläche eines Holzwerkstückes und nachfolgend über weitere Teiloberflächen des Holzwerkstückes durchgeführt wird, wobei gemäß einer besonders günstigen zeitsparenden Variante das Verfahren über die Oberfläche eines Holzwerkstückes kontinuierlich fortschreitend durchgeführt wird.

Das Verdichten wird zweckmäßig durch eine Kraft etwa senkrecht zu der Längsachse der Holzfasern eines Holzwerkstückes, vorzüglich in radialer Richtung des Stammes durchgeführt.

Es ist jedoch auch möglich, die Verdichtung in einem von 0° abweichenden Winkel zur Längsrichtung der Holzfasern eines Holzwerkstückes durchzuführen, insofern dass der aus der aufgebrachten Kraft resultierende Spannungszustand ein Komprimieren der Holzzellen gemäß oben gegebener Beschreibung zulässt, wobei jedoch die Richtung der resultierenden Kraft eine Abweichung geringer als 90° zur Längsrichtung der Holzfasern aufweist, zumal bei Aufbringung einer Kraft in Längsrichtung der Holzfasern kein Verdichten sondern ein Stauchen stattfindet.

Zur Stabilisierung des oberflächenbehandelten Holzwerkstückes bzw. der miteinander verbundenen Holzwerkstücke wird zweckmäßig nach der Oberflächenverdichtung bzw. nach dem Verschweißen ein Dampfen der verdichteten Oberfläche bzw. der Schweißverbindung des bzw. der Holzwerkstücke(s) zur Stabilisierung der Dimension der erfindungsgemäßen Verdichtung durchgeführt.

Bevorzugt wird die Herstellung der thermoplastischen Klebmasse in einer anaeroben Atmosphäre durchgeführt.

Eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist gekennzeichnet durch:

- eine Werkstückaufnahme für mindestens ein Holzwerkstück,

- eine erste Station mit einer gegen eine Oberfläche des Holzwerkstückes richtbaren Energieeinbringeinrichtung,
- eine zweite Station mit einer gegen eine Oberfläche des Holzwerkstückes richtbaren Verdichtungseinrichtung und
- eine dritte Station mit einer Kühleinrichtung für das Holzwerkstück.

Hierbei kann entweder eine Fördereinrichtung zum Fördern eines Holzwerkstückes von Station zu Station bzw. eine Fördereinrichtung zum Fördern der einzelnen Stationen zu einem Holzwerkstück vorgesehen sein.

Zweckmäßig ist die Verdichtungseinrichtung mit der Kühleinrichtung gekoppelt.

Vorzugsweise sind die Energieeinbringeinrichtung und/oder die Verdichtungseinrichtung und/oder die Kühleinrichtung an die Oberfläche des Holzwerkstückes in direkten Kontakt bringbar.

Zur Vorbehandlung eines Holzwerkstückes ist vorteilhaft die Werkstückaufnahme mit einer Konditioniereinrichtung, wie einer als Trocknungseinrichtung und/oder Aufheizeinrichtung, für das Holzwerkstück versehen.

Gemäß einer bevorzugten Variante ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Energieeinbringeinrichtung als auf ein Gegenwerkstück wirkende Einrichtung, die zwischen dem Gegenwerkstück und einem Holzwerkstück eine reibende Relativbewegung erzeugt, ausgebildet ist, wobei vorteilhaft die reibende Relativbewegung entweder parallel zur zu behandelnden Oberfläche eines Holzwerkstückes oder senkrecht hierzu gerichtet ist.

Für das Herstellen einer besonders abrieb- und stoßfesten Oberfläche an einem Holzwerkstück ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass das Gegenwerkstück eine glatte Oberfläche, wie eine metallische oder verspiegelte Oberfläche aufweist, mit der es in direkten Kontakt mit der Oberfläche des Holzwerkstückes bringbar ist.

Soll eine Verbindung zwischen zwei Holzwerkstücken hergestellt werden, ist zweckmäßig das Gegenwerkstück ebenfalls als Holzwerkstück ausgebildet und sind beide Holzwerkstücke in direkten Kontakt mit ihren zu verbindenden Kontakt-Oberflächen bringbar.

Zum Stabilisieren eines verdichteten Holzwerkstückes ist vorteilhaft eine weitere Station mit einer Bedampfungseinrichtung zum Bedampfen eines verdichteten Holzwerkstückes vorgesehen.

Weist die Vorrichtung eine Prüfeinrichtung zum zerstörungsfreien Prüfen eines Holzwerkstückes auf, kann während und/oder unmittelbar nach dem hier beschriebenen Verdichten eines Holzwerkstückes bei Abweichen von gewünschten Parametern eingegriffen werden, beispielsweise um eine effiziente Serienfertigung sicherzustellen.

Gemäß einer bevorzugten Variante ist die Vorrichtung zumindest im Bereich der Energieeinbringeinrichtung und vorzugsweise auch im Bereich der Verdichtungseinrichtung mit einer Einhausung versehen, die an eine Gaszuführungsleitung, vorzugsweise an eine Anaerobgas-Zuführungseinrichtung, angeschlossen ist.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Fördereinrichtung zwei Förderbandanlagen aufweist, deren Förderbänder derart einander gegenüberliegend angeordnet sind, dass zumindest ein Holzwerkstück von den einander gegenüberliegenden Trumen der Förderbänder, die in ein und dieselbe Richtung und mit ein und derselben Geschwindigkeit antreibbar sind, einlegbar ist, welches Holzwerkstück mittels der einander gegenüberliegenden Trume zur Energieeinbringeinrichtung und weiters zur Verdichtungseinrichtung und Kühleinrichtung sowie zu einer ggf. vorgesehenen Prüfeinrichtung und ggf. vorhandenen Bedampfungseinrichtung bringbar ist, wobei zweckmäßig eine der beiden Förderbandanlagen zwei in Laufrichtung hintereinander angeordnete und in dieselbe Richtung antreibbare Förderbänder aufweist, zwischen denen eine Zuführung für ein weiteres Holzwerkstück und/oder eine Energieeinbringeinrichtung vorgesehen ist.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand der Beschreibung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert, wobei Fig. 1 einen Schnitt durch ein Holzwerkstück quer zur Faserrichtung im unverdichteten und Fig. 2 im erfindungsgemäß verdichteten Zustand zeigt. Fig. 3 veranschaulicht das erfindungsgemäße Verfahren in Diagrammform. Die Fig. 4 und 5 zeigen Computertomografiebilder verdichteter Oberflächen von Holzwerkstücken. Die Fig. 6 bis 11 veranschaulichen schematische Darstellungen von Vorrichtungen zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Anhand eines Vergleichs der Fig. 1 mit Fig. 2, die ein Holzwerkstück 1 geschnitten quer zur Faserrichtung des Holzes in ein und demselben Maßstab unter dem Mikroskop vergrößert

veranschaulichen, ist zu erkennen, wie durch ein Verdichten die Querschnitte der Zellen 2 verändert werden. Gemäß Fig. 2 sind die Zellen 2 komprimiert und es ist auch erkennbar, dass eine thermoplastische Klebmasse 3, die vom Holzwerkstück 1 selbst gebildet ist, zwischen die komprimierten Zellen 2 eingedrungen ist. Am linken unteren Eck der Fig. ist eine Ansammlung von thermoplastischer Klebmasse 3 zu erkennen, wie sie sich beispielsweise bei Herstellen einer erfindungsgemäßen Verschweißung mit einem zweiten Holzwerkstück bildet.

Anhand des Ausmaßes des Dickenschwundes während der Teilprozesse III bis IV, in denen es zur Bildung der thermoplastischen Klebmasse beziehungsweise der Verdichtung der Zellen kommt, kann auf die allgemeine Qualität der Verdichtung des Holzwerkstoffes geschlossen werden.

Die in Fig. 6 dargestellte Vorrichtung dient zum Herstellen einer Schweißverbindung zweier übereinandergelegter Holzwerkstücke 1, 1'. Die Vorrichtung weist eine Werkstückaufnahme 4 für zwei übereinandergelegte Holzwerkstücke 1, 1', eine Station 5 zur Konditionierung der beiden übereinanderliegenden Holzwerkstücke 1, 1', weiters in Förderrichtung 6 der Holzwerkstücke 1, 1' eine Station mit einer Energieeinbringeinrichtung 7, nachfolgend eine Station mit einer Verdichtungseinrichtung 8, die mit einer weiteren Station, die als Kühleinrichtung 9 ausgebildet ist, gekoppelt ist, auf.

Zum Fördern der Holzwerkstücke 1, 1' ist eine Fördereinrichtung 10 gebildet von zwei Förderbandanlagen 11, 12 vorgesehen, deren Förderbänder 13 derart einander gegenüberliegend angeordnet sind, dass die beiden Holzwerkstücke 1, 1' an den einander gegenüberliegenden Trumen 14 der Förderbänder 13 anliegen. Die einzelnen Stationen, wie sie oben beschrieben sind, befinden sich zwischen den hin- und hergehenden Trumen jeweils eines Förderbandes 13.

Zum Fixieren der Holzwerkstücke 1, 1' ist ggf. eine Einspannvorrichtung, eine Halterung mittels Unterdruck und/oder eine Oberfläche mit hoher Rauigkeit, vorzusehen, sodass die Energieeinbringung in die Kontaktfläche 17 bzw. Verbindungsfuge 18 in Form von Schwingungen in einem beliebigem, vorzugsweise 0° oder 90° betragenden Winkel gewährleistet ist.

Zwecks Verdichtung der aneinander anliegenden Oberflächen der beiden übereinander angeordneten Holzwerkstücke 1, 1' ist vorteilhaft der Spalt 15 zwischen den beiden Trumen 14 der Förderbänder 13 verjüngend ausgebildet, d.h. die beiden in gleiche Richtung

laufenden und einander gegenüberliegende Trume 14 der Förderbänder 13 sind nicht genau parallel zueinander sondern unter Bildung eines keilförmigen Spaltes 15 gegeneinander ausgerichtet.

Gemäß der in Fig. 7 dargestellten Vorrichtung ist die obere der beiden Förderbandanlagen 12 von zwei in Laufrichtung hintereinander angeordneten und in dieselbe Richtung antreibbaren Förderbändern 13 und 16 gebildet, zwischen denen die Energieeinbringeinrichtung 7, die in diesem Fall in direkten Kontakt mit der Oberfläche 17 eines Holzwerkstückes 1 bringbar ist, vorgesehen. Diese Art der Vorrichtung dient zur Verdichtung der Oberfläche 17 eines einzelnen Holzwerkstückes 1, um eine besonders verschleißfeste und stoßfeste Oberfläche an diesem Holzwerkstück 1 auszubilden.

Die Funktion der Einrichtungen nach den Fig. 6 und 7 ist nachstehend näher erläutert:

Die Holzwerkstücke 1 bzw. 1' werden durch eine gezielte Energiezufuhr an den dem Verfahren unterworfenen Oberflächen und/oder in Bereichen des Holzwerkstückes 1, 1' unter Ausübung eines mechanischen Druckes durch das Einbringen von Energie erwärmt. Bei der Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens mittels einer Vorrichtung nach Fig. 6 zum stoffreinen Verbinden von zwei Holzwerkstücken 1, 1' wird Energie beispielsweise durch eine Relativbewegung, vorzugsweise in Form einer linearen zirkularen Bewegung (Bewegungsrichtung parallel zur Verbindungsfuge 18 der Holzwerkstücke 1, 1') oder Ultraschallschwingung (Bewegungsrichtung in einem beliebigen, vorzugsweise rechtwinkligen, Winkel zur Verbindungsfuge 18 der Holzwerkstücke 1, 1') zwischen Holzwerkstücken eingebracht. Die Relativbewegung der Holzwerkstücke hat unter einer rechtwinklig zur Verbindungsfuge gerichteten Kraft zu erfolgen, so dass ein stetiger Kontakt zwischen den Holzwerkstücken 1, 1' sichergestellt ist.

Bei Anwendung des Verfahrens zum Verdichten einer Oberfläche eines einzelnen Holzwerkstückes 1 mit einer in Fig. 7 dargestellten Vorrichtung zur Oberflächenveredelung wird ein Holzwerkstück 1 relativ zu einem nicht porösen, beispielsweise metallischen Gegenwerkstück 19 bewegt, welches eine höhere Schmelz- und Siedetemperatur hat als die Schmelztemperatur der Komponenten des Holzwerkstoffes, welche Komponenten zur Bildung der thermoplastischen Klebmasse 3 verflüssigt werden müssen. Die Oberfläche des Gegenwerkstückes 19 muss darüber hinaus einen hohen Benetzungswinkel aufweisen, so dass zwischen der in den folgenden Prozessschritten gebildeten thermoplastischen Klebmasse 3 und dem Gegenwerkstück 19 keine kraftschlüssige Verbindung entstehen

kann. Ein Metall der Type 1.43012R nach DIN EN 10088 weist beispielsweise die gestellten Anforderungen auf; es handelt sich um einen „teflonartigen Stahl“.

Die Anwendung der Ultraschalltechnologie erweist sich insbesondere beim gleichzeitigen stoffschlüssigen Verbinden von mehreren Holzwerksstücken 1, 1' oder der Veredelung der Oberflächen 17 von Holzwerkstücken 1 in einem kontinuierlichen Verfahren als vorteilhaft.

Die Einbringung der erforderlichen Energie durch beispielweise eine linear schwingende Relativbewegung eignet sich ebenfalls zum erfindungsgemäßen Veredeln von Oberflächen 17 in einem kontinuierlichen Verfahren, aber auch zum Verbinden von zwei Holzwerkstücken 1, 1'.

Durch die Relativbewegung zwischen den Holzwerkstücken 1, 1' bzw. zwischen dem Holzwerkstücke 1 und dem Gegenwerkstück 19 und der dadurch aktivierten Reibungskräfte kommt es zu einer fortschreitenden Erwärmung des Holzwerkstoffes eines Holzwerkstückes 1 bzw. 1' an seiner Oberfläche bzw. in der Verbindungsfuge 18.

Die fortschreitende Erwärmung der Oberfläche eines Holzwerkstückes 1, 1' (zumindest) im Bereich der sich relativ zueinander bewegenden Kontaktflächen zwischen zwei Holzwerkstücken 1, 1' oder zwischen einem Holzwerkstück 1 und einem Gegenwerkstück 19 zieht mehrere Effekte mit sich. Bei geringen Temperaturen verursacht die Energieeinbringung eine Werkstoffaufbereitung und -konditionierung. Der Werkstoff Holz wird zumindest in den für die nachfolgenden (Teil)Prozesse relevanten Bereichen so konditioniert, dass die im weiteren beschriebenen Folgeprozesse ablaufen können. Dadurch haben die Beschaffenheit der Oberfläche des Holzwerkstückes 1, 1' (Rauhigkeit, Art der Bearbeitung etc.) sowie der physikalische Zustand (Temperatur, Feuchtigkeit etc.) vor der Behandlung keinen Einfluss auf die nachfolgende Verdichtung des Holzwerkstückes 1, 1'. Das erfindungsgemäße Verfahren schließt nicht aus, dass eine solche Aufbereitung sowie Konditionierung des Werkstoffes durch die Vorbehandlung in einer Konditioniereinrichtung und/oder durch prozesseexterne Maßnahmen geschaffen werden können.

Bei weiterer Erwärmung des Holzwerkstoffes bis zu Temperaturen um ca. 400 °C kommt es zu einer Verflüssigung eines oder mehrerer Bestandteile des Holzes, wie z.B. von Lignin, d.h. es kommt zur Bildung einer thermoplastischen Klebmasse 3. Bei der Bildung dieser thermoplastischen Klebmasse 3 ist der Zutritt von Sauerstoff zu unterbinden, um eine Verbrennung oder Verkohlung der Holzwerkstoffe zu verhindern. Der Luftabschluss wird einerseits durch den senkrecht auf die Kontaktfläche (Verbindungsfuge 18 bzw. Oberfläche

17) wirkenden mechanischen Druck, andererseits durch den Holz-Materialabrieb und die durch die Energiezufuhr verursachte Holz-Materialerweichung gewährleistet. Die Erwärmung des Holzwerkstoffes führt auch zu einem Öffnen der die Holzzellen 2 verbindenden Membranen 20, so dass unter geringem Druck die thermoplastische Klebmasse 3 die Kontaktfläche durchdringen und in das Holzwerkstoffinnere eingepresst werden kann. (vgl. Fig. 2).

Das beschriebene erfindungsgemäße Verfahren schließt nicht aus, dass die Bildung der thermoplastischen Klebmasse 3 auch in einer anaeroben Atmosphäre zur Unterbindung einer Verbrennung und/oder Verkohlung des Holzwerkstoffes stattfinden kann, zu welchem Zweck die Vorrichtung mit einer Einhausung 21 versehen ist, in die eine Anaerobgas-Zuführungseinrichtung 22 mündet. (vgl. die Darstellung in Fig. 8).

Die so gebildete thermoplastische Klebmasse 3 besteht größtenteils aus Lignin und/oder dessen chemischer Modifikationen; die zähflüssigen, klebenden Eigenschaften der so aus dem Werkstoff Holz gewonnenen thermoplastischen Klebmasse 3 wird für die im folgenden beschriebene erfindungsgemäße Verdichtung des porösen Werkstoffes genutzt. Durch das stetige Zerstören der Zellenstruktur an der Oberfläche des zu verdichtenden Werkstoffes kann auch Lignin aus Volumsbereichen, welche zu Beginn des Verfahrens unterhalb der Oberfläche sich befanden, zur Herstellung der thermoplastischen Klebmasse herangezogen werden.

Nach ausreichender Bildung der thermoplastischen Klebmasse sowie Erwärmung des Holzwerkstoffes wird ein weiterer Energieeintrag unterbunden; der Holzwerkstoff wird erfindungsgemäß verdichtet.

Zum einen werden die erweichten Zellen 2 durch eine plastische Deformation unter hohem Druck komprimiert. Wegen der Holzstruktur und vor allem wegen der durch die fortschreitende Erwärmung des Holzwerkstoffes hervorgerufenen ausreichenden Erweichung der Zellenstruktur, tritt bei der Verdichtung durch plastische Kompression keine oder nur eine durch das Komprimieren der Zellenhohlräume unvermeidbare Deformation des Holzwerkstückes 1 bzw. 1' in jene durch die Energieeinbringung 7 erweichte Bereiche quer zur Richtung der aufgebrachten Kraft auf.

Zum andern führt das zuvor eingetretene Öffnen der Membranen 20 zu einer Imprägnierung der Zellenhohlräume unter geringem Druck, sowie wegen der klebenden Eigenschaften der thermoplastischen Klebmasse 3 zum Verkleben der Zellenwände. Beide Teilprozesse des

Verdichtens, die Komprimierung als auch Imprägnierung verbessern stark die mechanischen Eigenschaften der verdichteten Zone in Hinblick auf die beiden erwähnten erfindungsgemäßen Anwendungsfälle: Oberflächen veredeln und Herstellen einer Schweißverbindung.

Mit der Unterbindung des Energieeintrages tritt ein Temperatúrausgleich zwischen den erwärmten Teilen der Holzwerkstücke 1, 1' bzw. der Umgebung, somit ein Aushärten der thermoplastischen Klebmasse 3 ein. Selbstverständlich kann der Prozess des Abkühlens durch externe Maßnahmen beschleunigt werden.

In jenem Fall, dass die Bildung der thermoplastischen Klebmasse zwischen zwei Holzwerkstücken 1, 1' erfolgt, kommt es unter Anwendung der klebenden Eigenschaften und gleichzeitiger erfindungsgemäßer Verdichtung der Holzwerkstücke 1, 1' zumindest an deren Oberflächen, d.h. Imprägnierung mittels der thermoplastischen Masse und Kompression der Zellen, zu einem stoffschlüssigen Verbinden der Holzwerkstücke 1, 1'.

Bei Verwendung eines nicht porösen Materials als Gegenwerkstück 19 zu einem Holzwerkstück 1 wird wegen des geringen Benetzungswinkels ein stoffschlüssiges Verbinden zwischen den Werkstücken 1 und 19 verhindert. Die Zellenstruktur an und nahe der Oberfläche 17 des Holzwerkstückes 1 wird komprimiert und mittels der thermoplastischen Klebmasse 3 imprägniert. Aufgrund der Eigenschaften der gemäß des beschriebenen Verfahrens gebildeten thermoplastischen Klebmasse kommt es zusätzlich zu einer Verklebung der Zellen 2 des Holzwerkstückes 1.

Bei der plastischen Deformation der Zellenstruktur bzw. während des Abkühlens des Holzwerkstoffes bzw. von Teilen des Holzwerkstoffes können – auch bei optimalen Maschinenparametern – werkstoffinterne Spannungen entstehen, die bei Wasserlagerung oder ähnlicher Lagerung des komprimierten Holzwerkstoffes eine Redeformation der komprimierten Zellen 2 hervorrufen können. Die Stabilisierung der verformten Zellen 2 mittels Wasserdampf unter Einspannung des verdichteten Holzwerkstückes 1 bzw. 1' ist ein gängiges Verfahren, um durch die plastische Deformation entstandene Spannungen abzubauen, das auch beim vorliegenden Verfahren angewandt werden kann.

Der natürliche Werkstoff Holz wird durch seine innerhalb des Holzwerkstückes 1, 1' variierenden Eigenschaften charakterisiert, welche beispielsweise anhand der Früh- und Spätjahresringe mit dem freien Auge erkennbar sind. Gleichmaßen wie bei gängigen Bearbeitungsarten von Holz beeinflussen die schwächsten Teile des Holzwerkstückes 1, 1'

dessen Anwendung, wie z.B. bei Verbindung mit anderen Holzwerkstücken. Die im folgenden beschriebene Qualitätskontrolle bietet die Möglichkeit, die Bildung der thermoplastischen Klebmasse 3, die Verdichtung durch Imprägnierung der Zellen 2 mittels der Klebmasse 3 und einer Komprimierung der Zellen 2 zerstörungsfrei zu überprüfen.

Die erfindungsgemäß gebildete thermoplastische Klebmasse 3 als auch die verdichtete Zellenstruktur weisen im Vergleich zu unbehandeltem Holz eine höhere spezifische Dichte auf. Die daraus resultierenden veränderten physikalischen Eigenschaften der modifizierten Bereiche des Holzes erlauben es, Rückschlüsse über beispielsweise den Verdichtungsgrad und/oder die Menge der gebildeten thermoplastischen Klebmasse zu ziehen. Gängige Verfahren zur zerstörungsfreien Qualitätsüberprüfung, wie zum Beispiel Ultraschall und Computertomografie, können dafür angewandt werden, die Güte der erfindungsgemäß hergestellten Verdichtung während und/oder nach dem Prozess zu kontrollieren.

Die Fig. 4 und 5 zeigen Computertomografiebilder verdichteter Oberflächen zweier miteinander verschweißter Holzwerkstücke 1, 1'. Zum einen sind die verdichteten Bereiche an den Oberflächen der Holzwerkstücke aufgrund der hellen Farbe deutlich zu erkennen. Fig. 5 beinhaltet die Darstellung der Messpunkte der lokalen Dichte relativ zu der Umgebungsluft.

Zum anderen sind sogenannte Diskontinuitäten in der verdichteten Zone sichtbar. Diese entstehen bei mangelnder Anpassung der Verfahrensparameter an die lokal variierenden Eigenschaften des oben definierten Werkstoffes Holz.

Die Linie A markiert den ungefähren Verlauf der Schweißverbindung, d.h. der Verbindungsfuge 18; Linie B die Jahresringlage (Spätholz).

In Hinblick auf die variierenden Eigenschaften des Werkstoffes Holz, deren vielseitige Einflüsse auf das erfindungsgemäße Verfahren des fremdstofffreien Verdichtens und/oder auf das Endprodukt, eignet sich die beschriebene Qualitätskontrolle neben einer Wegmessung zur Steuerung des Verfahrens, insbesondere der Parameter der Energiezufuhr und jener der Verdichtung der dem Verfahren unterworfenen Bereiche des Holzwerkstückes 1, 1'. Anhand beispielsweise eines Zeit-Weg-Diagramms kann der Ablauf der (Teil)Prozesse kontrolliert werden und eine Aussage über die Eigenschaften der stattgefundenen stofffreien Verdichtung getroffen werden.

Die Messung der sich lokal durch die erfindungsgemäße Modifikation des Holzwerkstückes 1, 1' während des Verfahrens sich verändernden physikalischen Eigenschaften und das Ziehen entsprechender Rückschlüsse über den Verlauf der erfindungsgemäßen Modifizierung der dem Verfahren unterworfenen Bereiche des Holzwerkstoffes ist allerdings als das genauere Steuerungsverfahren anzusehen. Im Unterschied zu bestehenden Verfahren der Holzbehandlung werden die Verfahrensparameter des erfindungsgemäßen Verfahrens nicht global an das gesamte Holzwerkstück 1, 1' angewandt, sondern an die lokalen Eigenschaften desselben angepasst.

Lokale Diskontinuitäten in nach dem erfindungsgemäßen Verfahren behandelten Bereichen können so während des und/oder nach dem Verfahren aufgefunden und behoben werden. Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen den physikalischen Eigenschaften, wie beispielsweise der mechanischen Festigkeit oder Wasserfestigkeit der gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren verdichteten Bereiche von Holzwerkstücken 1, 1'.

Um eine stoffreine Verdichtung mit hohen mechanischen Eigenschaften, wie beispielsweise einer hohen Festigkeit oder Wasserfestigkeit, gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren herzustellen, ist es vorteilhaft, eine wie oben beschriebene Qualitätskontrolle zur Steuerung des Verfahrens anzuwenden.

Die physikalischen Eigenschaften der verdichteten Holzwerkstücke 1, 1' stehen in eindeutiger Abhängigkeit zu der Menge der gebildeten thermoplastischen Klebmasse 3 und dem Ausmaß und der dimensional Stabilität der erfolgten Verdichtung der Holzstruktur.

Fig. 3 zeigt die wesentlichen Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens in Diagrammform, wobei die Dickenänderung eines Holzwerkstückes 1 über der Zeit dargestellt ist. Die Reduktion der Dicke ist an der Ordinate aufgetragen; die Abszisse dient als Zeitachse. Der negative Bereich der Zeitachse ist geprägt durch die Energiezufuhr, der positive Bereich durch die Unterbindung der weiteren Energiezufuhr. Die im folgenden diskutierte Unterteilung des Gesamtprozesses bzw. Annäherung des in Fig. 3 dargestellten Graphen in Teilprozesse basiert auf der subjektiven Wahrnehmung während des Prozesses und der Änderung des in Fig. 3 dargestellten Graphen. Der Übergang zwischen Teilprozessen des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt in der Regel fließend, wobei die Teilprozesse nachfolgend mit I bis V bezeichnet sind.

Nach einer Aufnahme I eines oder mehrerer Holzwerkstücke(s) erfolgt die Einbringung, die zuerst eine Konditionierung II der Holzwerkstücke 1, dann die Bildung III der

thermoplastischen Klebmasse 3 bedingt. Der Teilprozess II ist durch einen (zeitlich gesehen) langsamen, der letztere Teilprozess III durch einen schnellen Materialschwund gekennzeichnet. Nach Unterbindung des Energieeintrages (Schnittpunkt der Abszisse mit der Ordinate) wird eine Verdichtung IV gemäß obiger Beschreibung durchgeführt. Anschließend kommt es –bedingt durch eine Auskühlung – zu einer Aushärtung V der Verdichtung.

Fig. 8 veranschaulicht eine Oberflächenbehandlung eines großdimensionierten Holzwerkstückes 1, wobei dessen Oberfläche 17 verdichtet wird. Die hierfür dienende Vorrichtung ist mit ihren Stationen in einer Einhausung 21 eingebaut, die an eine Gaszuführungseinrichtung 22 angeschlossen ist. Vorzugsweise wird anaerobes Gas zugeführt.

Fig. 9 zeigt eine Vorrichtung ohne Einhausung, mit der hintereinander kleinere Holzwerkstücke 1 im Durchlaufverfahren erfindungsgemäß behandelt werden können, d.h. mit einer verdichteten Oberfläche 17 versehen werden können.

In Fig. 10 ist eine Variante dargestellt, gemäß der drei Holzwerkstücke 1, 1', 1'' miteinander verschweißt werden können, wobei zunächst ein erstes Förderband 13 zwei übereinandergelegte Holzwerkstücke 1, 1' miteinander verschweißt und nachfolgend ein drittes Holzwerkstück 1'' auf die beiden zuvor verschweißten Holzwerkstücke 1, 1' aufgebracht wird und mittels einer weiteren Vorrichtung, die ebenfalls als Fördermittel ein Förderband 16 aufweist, mit den zuvor verschweißten beiden Holzwerkstücken 1, 1' verschweißt wird. Die Energieeinbringeinrichtung 7 ist in diesem Fall jeweils in einer Umlenkrolle 23 für das Förderband 13 bzw. 16 untergebracht, sodass hier kein direkter Kontakt der Energieeinbringeinrichtung 7 mit dem Holzwerkstück 1, 1' gegeben ist. Die Energie wird also über das Förderband 13 bzw. 16 auf die Holzwerkstücke 1, 1', 1'' übertragen.

Die Erfindung beschränkt sich nicht auf die in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele, sondern kann in verschiedener Hinsicht modifiziert werden. Beispielsweise ist es auch möglich, neben dem Verschweißen von Holzwerkstücken 1, 1', 1'' mit jeweils in etwa parallel zueinander liegenden Fasern auch ein Holzwerkstück mit seiner Stirnseite an ein Holzwerkstück senkrecht zu dessen Faserrichtungen anzuschweißen, wie z.B. zum Herstellen einer Eckverbindung.

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Verdichten einer Oberfläche (17) eines Holzwerkstückes (1), wie eines massiven Holzwerkstückes oder eines von holzähnlichen Materialien gebildeten Werkstück, wie z.B. aus Bambus, aus Schilf oder aus anderen auf Holz basierenden Werkstoffen, wie aus Sperrholz, aus Spanplatten und/oder aus holzhaltigem oder mit Harzen angereichertem Papier, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche (17) des Holzwerkstückes (1) - unter Vermeidung eines Sauerstoffzutritts - durch eine Energiezufuhr zur Oberfläche (17), welche Energiezufuhr eine reibende Relativbewegung am Holzwerkstück (1) und damit eine Erwärmung und eine Zerstörung der Zellenstruktur desselben bewirkt, unter Druck bis zur Bildung von von dem Holzwerkstück (1) stammender thermoplastischer Klebmasse (3) in zumindest Teilbereichen erhitzt wird, worauf die Oberfläche (17) und ein Volumsbereich unter der Oberfläche (17) unter Abkühlung derselben unter Druckausübung verdichtet wird.
2. Verfahren zum Verbinden zweier sich kontaktierender Holzwerkstücke (1, 1'), dadurch gekennzeichnet, dass sowohl die Kontakt-Oberfläche eines ersten Holzwerkstückes (1) als auch die Kontakt-Oberfläche eines zweiten Holzwerkstückes (1') - unter Vermeidung eines Sauerstoffzutritts - durch eine Energiezufuhr in die Kontaktflächen, welche Energiezufuhr eine reibende Relativbewegung zwischen den Holzwerkstücken (1, 1') und damit eine Erwärmung und eine Zerstörung der Zellenstruktur zumindest eines Holzwerkstückes bewirkt, unter Druck bis zur Bildung von thermoplastischer Klebmasse in zumindest Teilbereichen der einander kontaktierenden Oberflächen erhitzt werden, wobei die beiden Holzwerkstücke (1, 1') durch Druck mit ihren Kontakt-Oberflächen gegeneinander gepresst werden, worauf die Kontakt-Oberflächen der beiden Holzwerkstücke (1, 1') und Volumsbereiche unter diesen Oberflächen abgekühlt, ein Oberflächenbereich mindestens eines der Holzwerkstücke (1, 1') unter Druck verdichtet wird und unter Eindringen der thermoplastischen Klebmasse (3) unter die Kontakt-Oberflächen der Holzwerkstücke (1, 1') ein Verschweißen der Holzwerkstücke (1, 1') durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Holzwerkstück (1) bzw. Holzwerkstücke (1, 1') während der Energiezufuhr auf einen vorbestimmten Höchst-Feuchtgehalt und/oder auf eine vorbestimmte Mindesttemperatur und/oder auf eine Oberflächenbeschaffenheit, wie Rauigkeit, konditioniert wird (werden).
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Holzwerkstück bzw. Holzwerkstücke (1, 1') vor der Energiezufuhr auf einen vorbestimmten

Höchst-Feuchtgehalt und/oder auf eine vorbestimmte Mindesttemperatur und/oder auf eine Oberflächenbeschaffenheit, wie Rauigkeit, konditioniert wird (werden).

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Reibung durch eine schwingende Relativbewegung zwischen der Oberfläche des Holzwerkstückes (1) und der Oberfläche eines Gegenwerkstückes (19) erzeugt wird, insbesondere in Form einer linear schwingenden Relativbewegung (Bewegungsrichtung in etwa parallel zur Oberfläche) oder in Form einer Ultraschallbewegung (Bewegungsrichtung in einem beliebigen Winkel), vorzugsweise rechtwinkelig zur Oberfläche des Holzwerkstückes durch eine senkrecht zur Oberfläche des Holzwerkstückes (1) schwingende Relativbewegung.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Relativbewegung mit Hilfe von Ultraschall bewirkt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass als Gegenwerkstück (19) ein zweites Holzwerkstück (1') verwendet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Gegenwerkstück (19) mit einer glatten Oberfläche mit einem geringen, ein Haften vermeidenden Benetzungswinkel, wie eine metallische oder verspiegelte Oberfläche, verwendet wird.

9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Grad des Verdichtens in Abhängigkeit von Eigenschaften des bzw. der Holzwerkstücke(s) (1, 1') durchgeführt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Grad des Verdichtens in Abhängigkeit der Dichte des bzw. der Holzwerkstücke(s) (1, 1') durchgeführt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Verdichten in Abhängigkeit eines mechanischen Festigkeitswertes des bzw. der Holzwerkstücke(s) (1, 1') durchgeführt wird.

12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren zunächst über eine Teiloberfläche eines

Holzwerkstückes (1, 1') und nachfolgend über weitere Teiloberflächen des Holzwerkstückes (1, 1') durchgeführt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren über die Oberfläche eines Holzwerkstückes (1, 1') kontinuierlich fortschreitend durchgeführt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichte des Holzwerkstückes (1, 1') während des Verfahrens fortlaufend, vorzugsweise kontinuierlich fortlaufend, gemessen und die Verdichtung und/oder die Bildung des thermoplastischen Klebstoffes (3) in Abhängigkeit der Messwerte durchgeführt wird.

15. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdichtung durch eine Kraft etwa senkrecht zu der Längsachse der Holzfasern eines Holzwerkstückes (1, 1'), vorzüglich in radialer Richtung des Stammes, durchgeführt wird.

16. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdichtung in einem von 0° abweichenden Winkel zur Längsrichtung der Holzfasern eines Holzwerkstückes (1, 1') durchgeführt wird, welche Abweichung jedoch geringer ist als 90° zur Längsrichtung der Holzfasern.

17. Verfahren nach Anspruch 1 bis 16, das dadurch gekennzeichnet ist, dass nach der Oberflächenverdichtung bzw. nach dem Verschweißen ein Dampfen der verdichteten Oberfläche bzw. der Schweißverbindung des bzw. der Holzwerkstücke(s) (1, 1') zur Stabilisierung der Dimension der Verdichtung durchgeführt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 1 bis 17, das dadurch gekennzeichnet ist, dass die Herstellung der thermoplastischen Klebmasse (3) in einer anaeroben Atmosphäre durchgeführt wird.

19. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 18, gekennzeichnet durch:

- eine Werkstückaufnahme (4) für mindestens ein Holzwerkstück (1, 1'),
- eine erste Station mit einer gegen eine Oberfläche des Holzwerkstückes (1, 1') richtbaren Energieeinbringeinrichtung (7),
- eine zweite Station mit einer gegen eine Oberfläche des Holzwerkstückes (1, 1') richtbaren Verdichtungseinrichtung (8) und

- eine dritte Station mit einer Kühleinrichtung (9) für das Holzwerkstück (1, 1').
20. Vorrichtung nach Anspruch 19, gekennzeichnet durch eine Fördereinrichtung (10), mit der ein Holzwerkstück (1, 1') mit der Werkstückaufnahme (4) von Station zu Station bringbar ist.
21. Vorrichtung nach Anspruch 19 oder 20, gekennzeichnet durch eine Fördereinrichtung, mit der einzelne Stationen zu einem Holzwerkstück (1, 1') bringbar sind.
22. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdichtungseinrichtung (8) mit der Kühleinrichtung (9) gekoppelt ist.
23. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 19 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Energieeinbringeinrichtung (7) und/oder die Verdichtungseinrichtung (8) und/oder die Kühleinrichtung (9) an die Oberfläche (17) des Holzwerkstückes (1) in direkten Kontakt bringbar sind (ist).
24. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Werkstückaufnahme (4) mit einer als Trocknungseinrichtung und/oder Aufheizeinrichtung ausgebildeten Konditioniereinrichtung (5) für das Holzwerkstück (1, 1') versehen ist.
25. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 19 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Energieeinbringeinrichtung (7) als auf ein Gegenwerkstück (19) wirkende Einrichtung, die zwischen dem Gegenwerkstück (19) und einem Holzwerkstück (1) eine reibende Relativbewegung erzeugt, ausgebildet ist.
26. Vorrichtung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass die reibende Relativbewegung parallel zur zu behandelnden Oberfläche (17) eines Holzwerkstückes (1) gerichtet ist.
27. Vorrichtung nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, dass die reibende Relativbewegung etwa senkrecht zur zu behandelnden Oberfläche (17) eines Holzwerkstückes (1) gerichtet ist.

28. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 19 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass das Gegenwerkstück (19) eine glatte Oberfläche, wie eine metallische oder verspiegelte Oberfläche aufweist, mit der es in direkten Kontakt mit der Oberfläche des Holzwerkstückes (1) bringbar ist.
29. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 25 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass das Gegenwerkstück ebenfalls als Holzwerkstück (1') ausgebildet ist und beide Holzwerkstücke (1, 1') in direkten Kontakt mit ihren zu verbindenden Kontakt-Oberflächen bringbar sind.
30. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 19 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass eine weitere Station mit einer Bedampfungseinrichtung zum Bedampfen eines verdichteten Holzwerkstückes (1, 1') vorgesehen ist.
31. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 19 bis 30, gekennzeichnet durch eine Prüfeinrichtung zum zerstörungsfreien Prüfen des behandelten Holzwerkstückes (1, 1').
32. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 19 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zumindest im Bereich der Energieeinbringeinrichtung (7) und vorzugsweise auch im Bereich der Verdichtungseinrichtung (8) mit einer Einhausung (21) versehen ist, die an eine Gaszuführungsleitung (22), vorzugsweise an eine Anaerobgas-Zuführungseinrichtung, angeschlossen ist.
33. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 20 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass die Fördereinrichtung (10) zwei Förderbandanlagen (11, 12) aufweist, deren Förderbänder (13) derart einander gegenüberliegend angeordnet sind, dass zumindest ein Holzwerkstück (1, 1') von den einander gegenüberliegenden Trumen (14) der Förderbänder (13), die in ein und dieselbe Richtung und mit ein und derselben Geschwindigkeit antreibbar sind, einlegbar ist, welches Holzwerkstück (1, 1') mittels der einander gegenüberliegenden Trume (14) zur Energieeinbringeinrichtung (7) und weiters zur Verdichtungseinrichtung (8) und Kühleinrichtung (9) sowie zu einer ggf. vorgesehenen Prüfeinrichtung und ggf. vorhandenen Bedampfungseinrichtung bringbar ist.
34. Vorrichtung nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, dass eine der beiden Förderbandanlagen (12) zwei in Laufrichtung hintereinander angeordnete und in dieselbe

Richtung antreibbare Förderbänder (13, 16) aufweist, zwischen denen eine Zuführung für ein weiteres Holzwerkstück (1'') und/oder eine Energieeinbringeinrichtung (7) vorgesehen ist.

FIG. 1

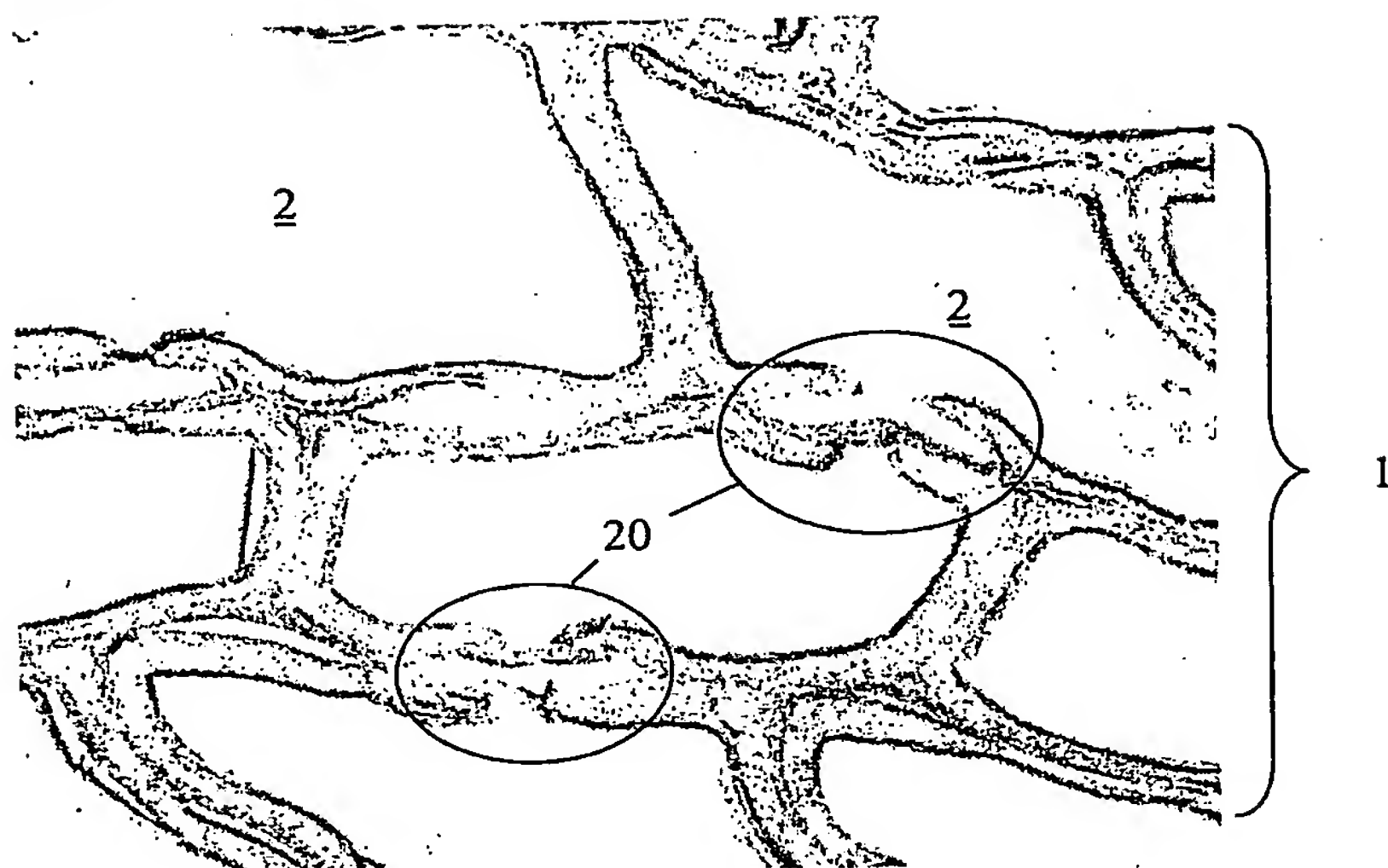


FIG. 2

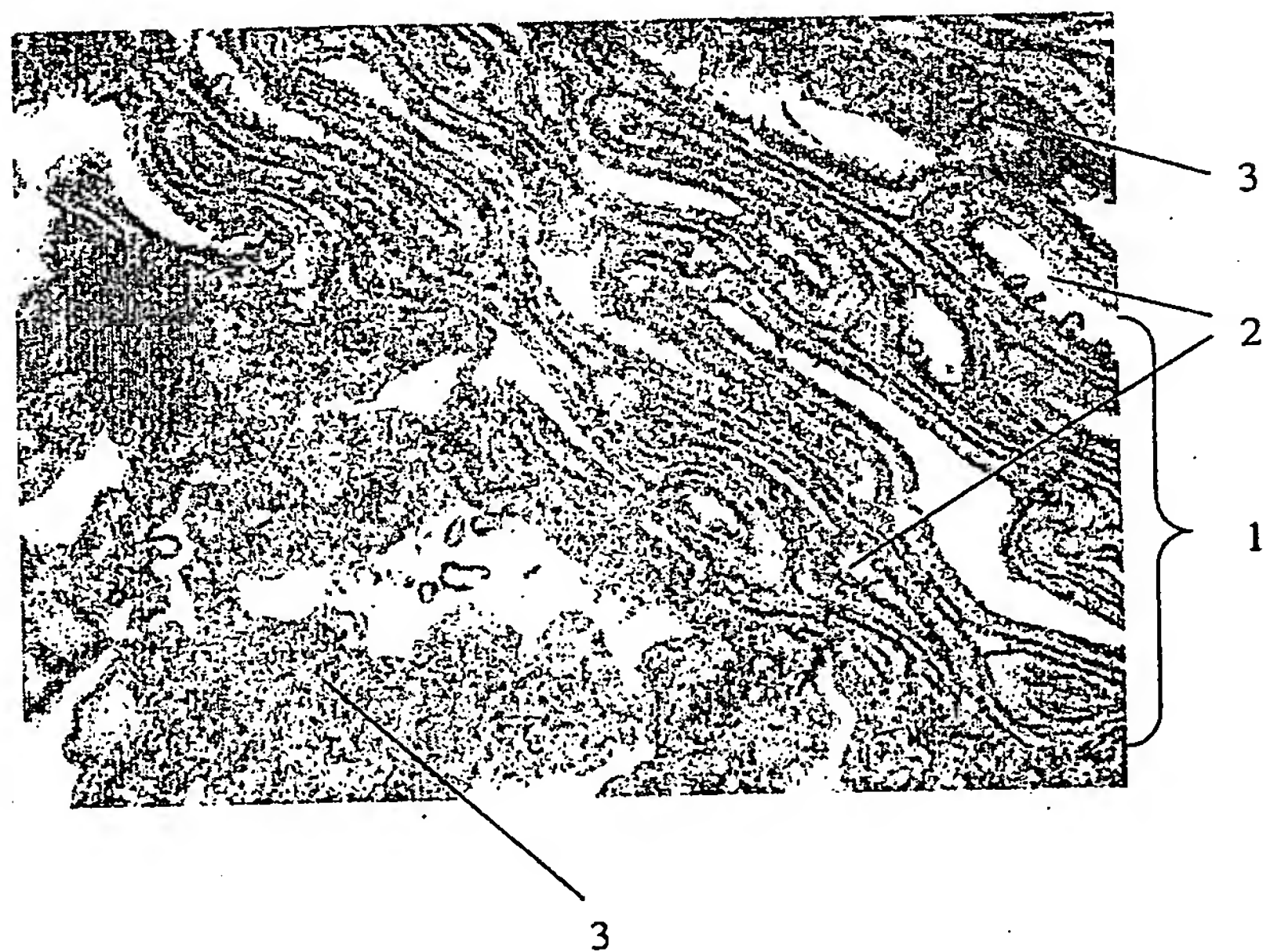


FIG. 3

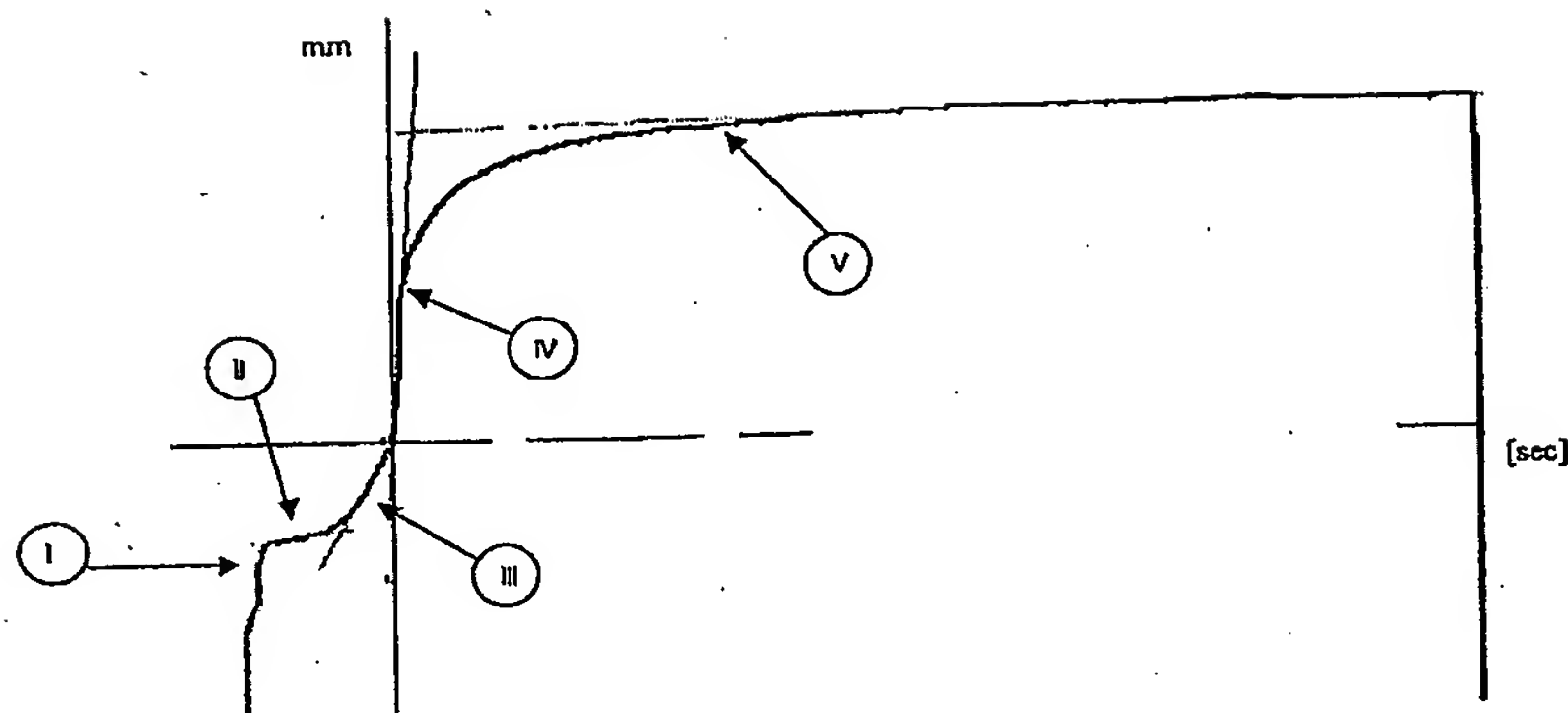


FIG. 4

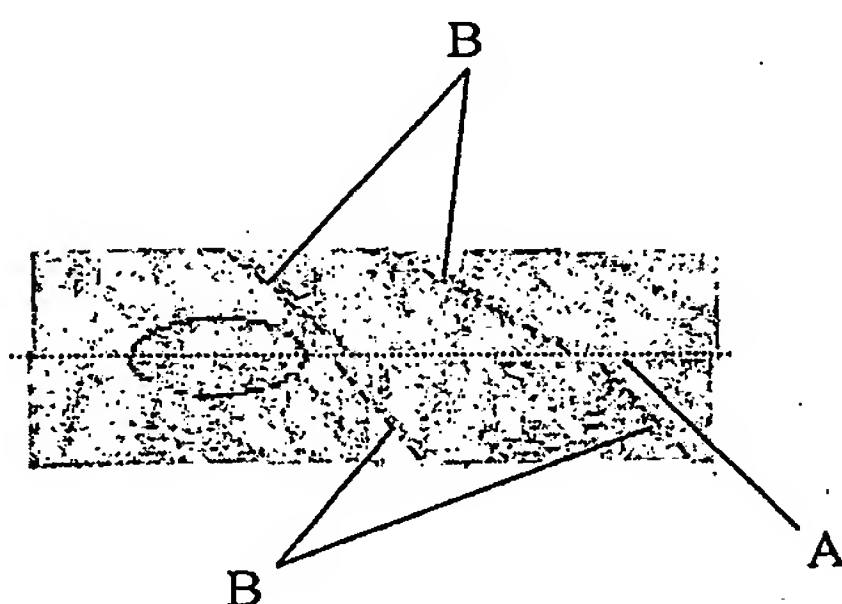


FIG. 5

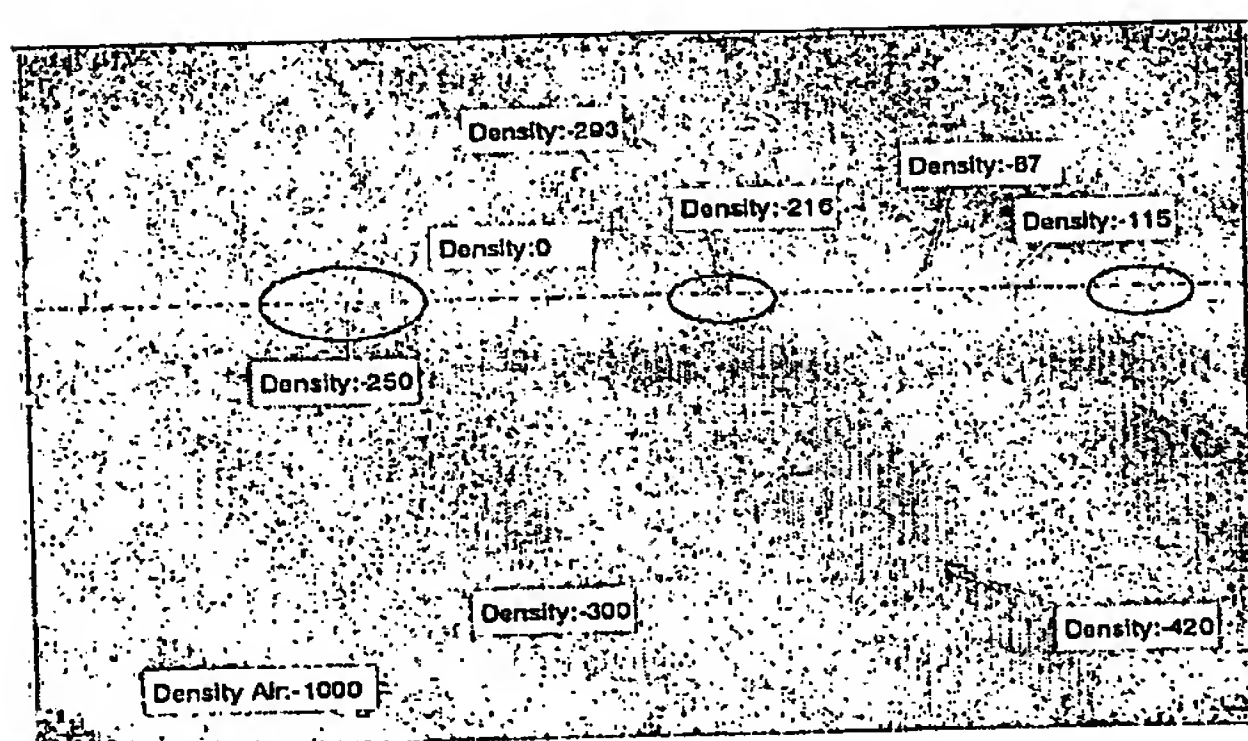


FIG. 6

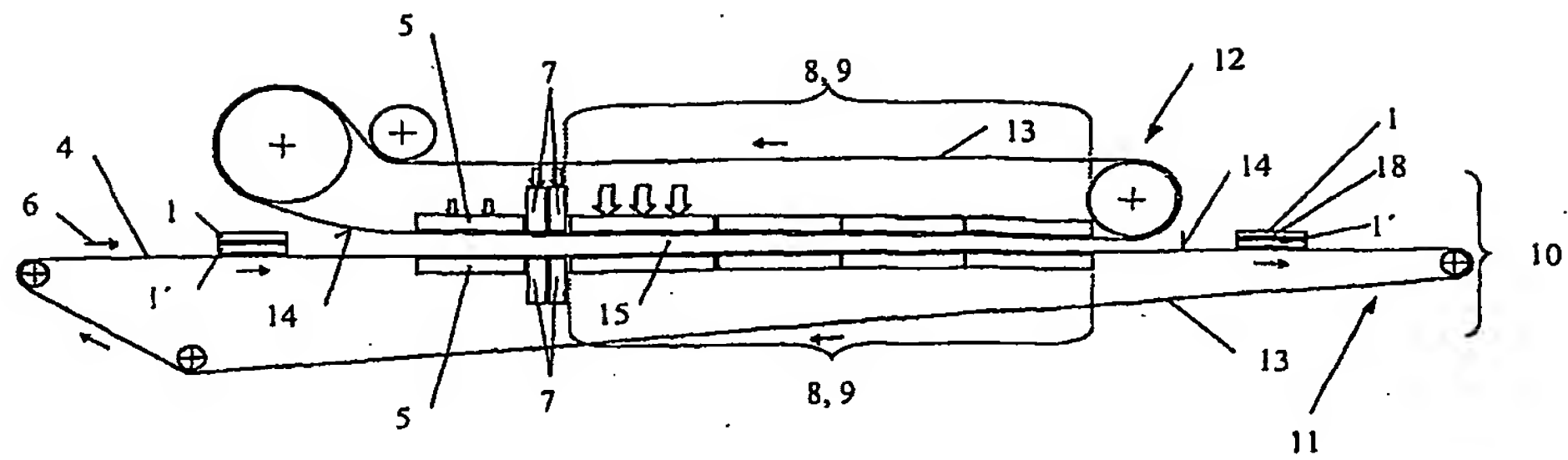


FIG. 7

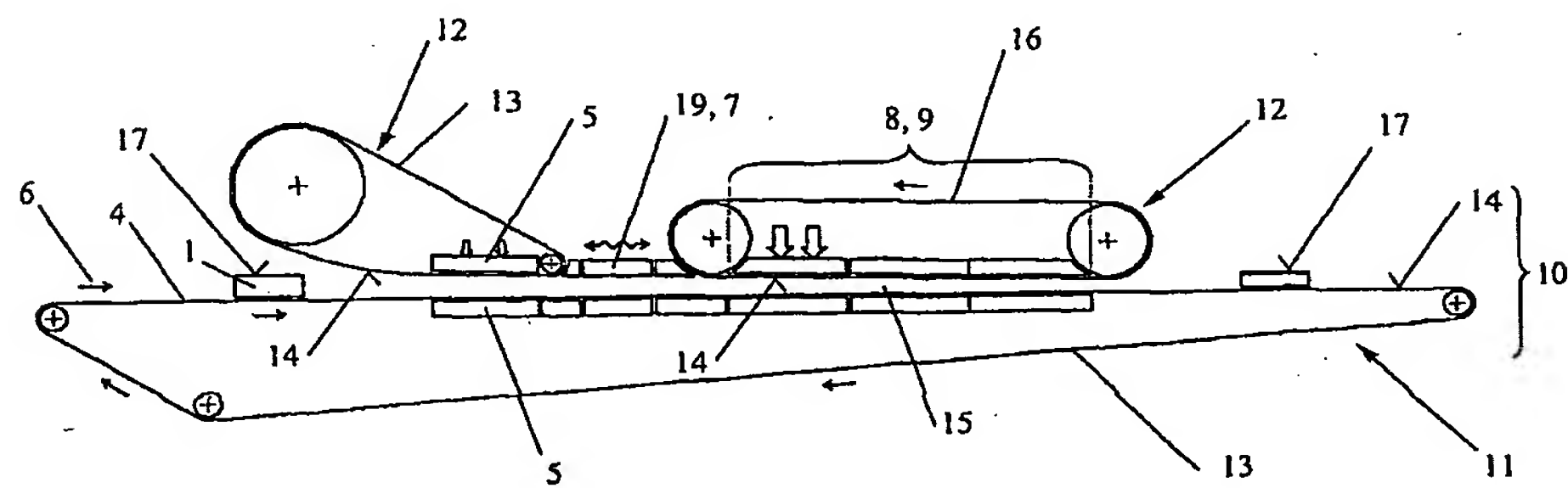


FIG. 8

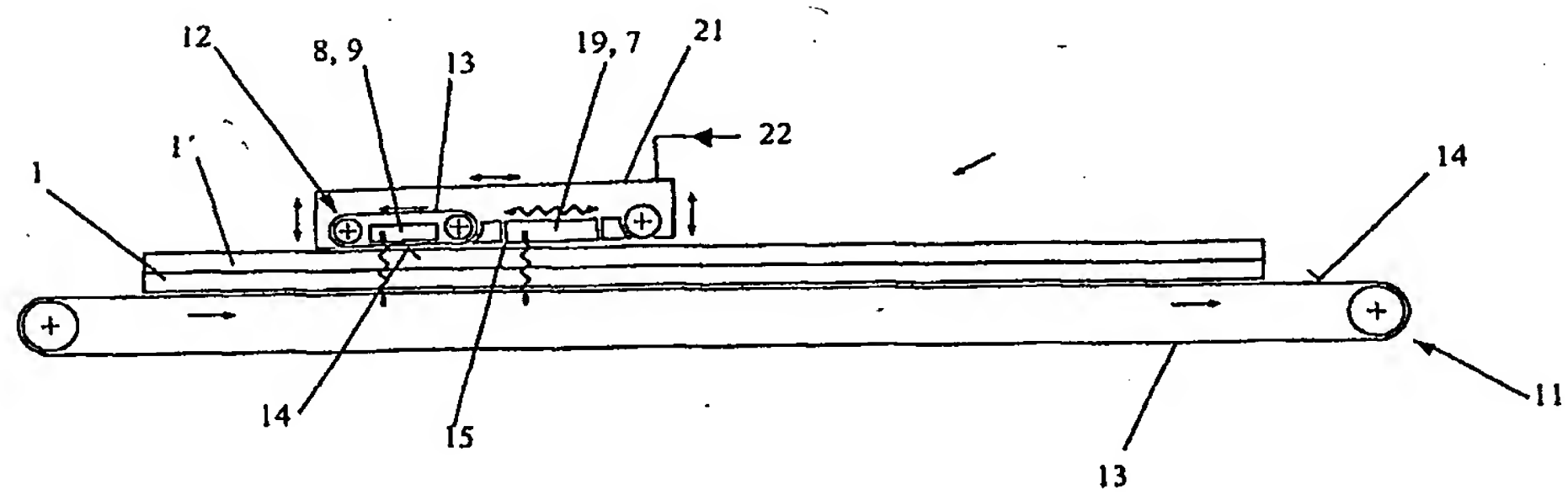


FIG. 9

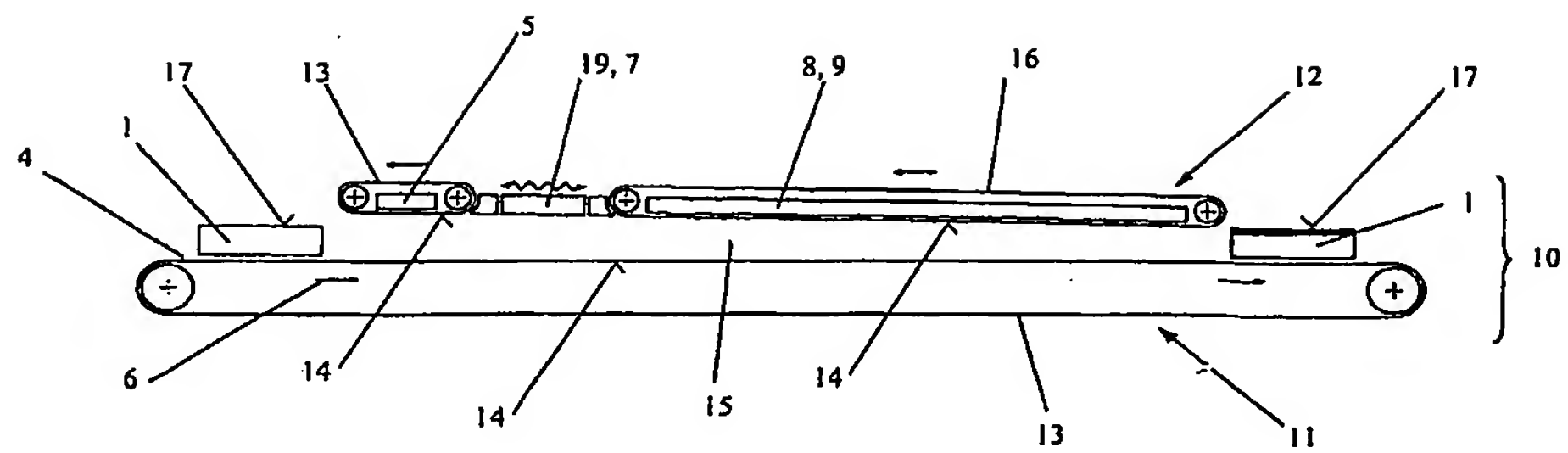


FIG. 10

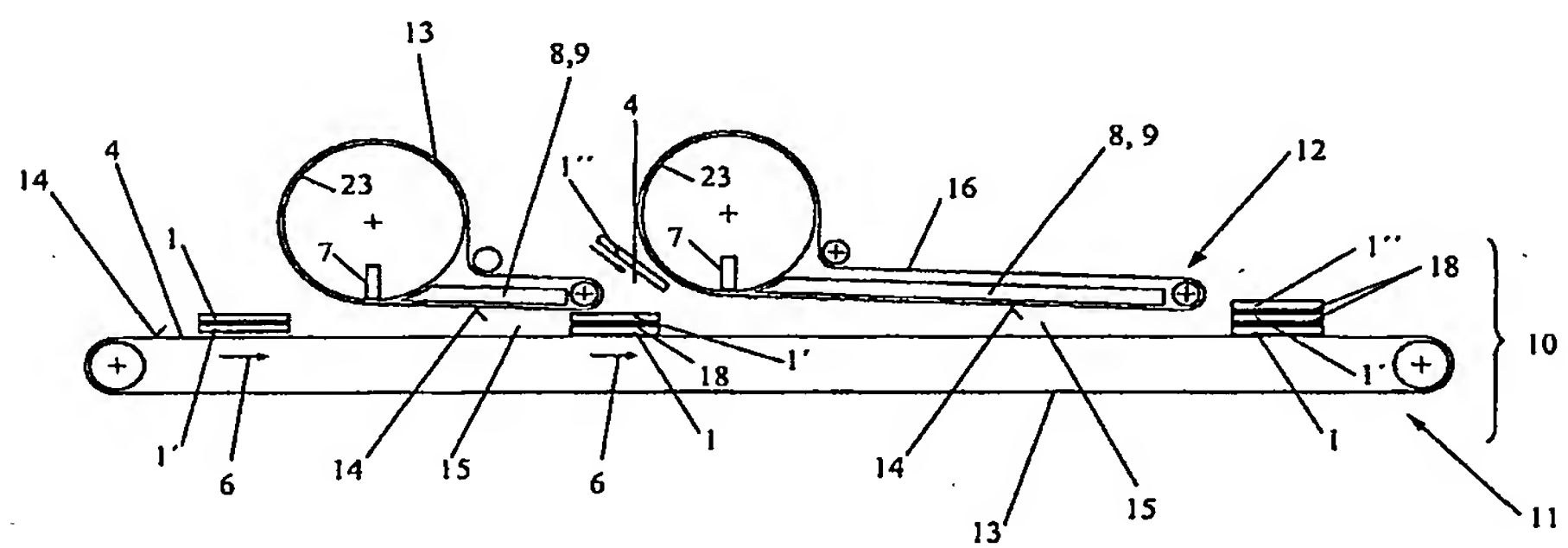
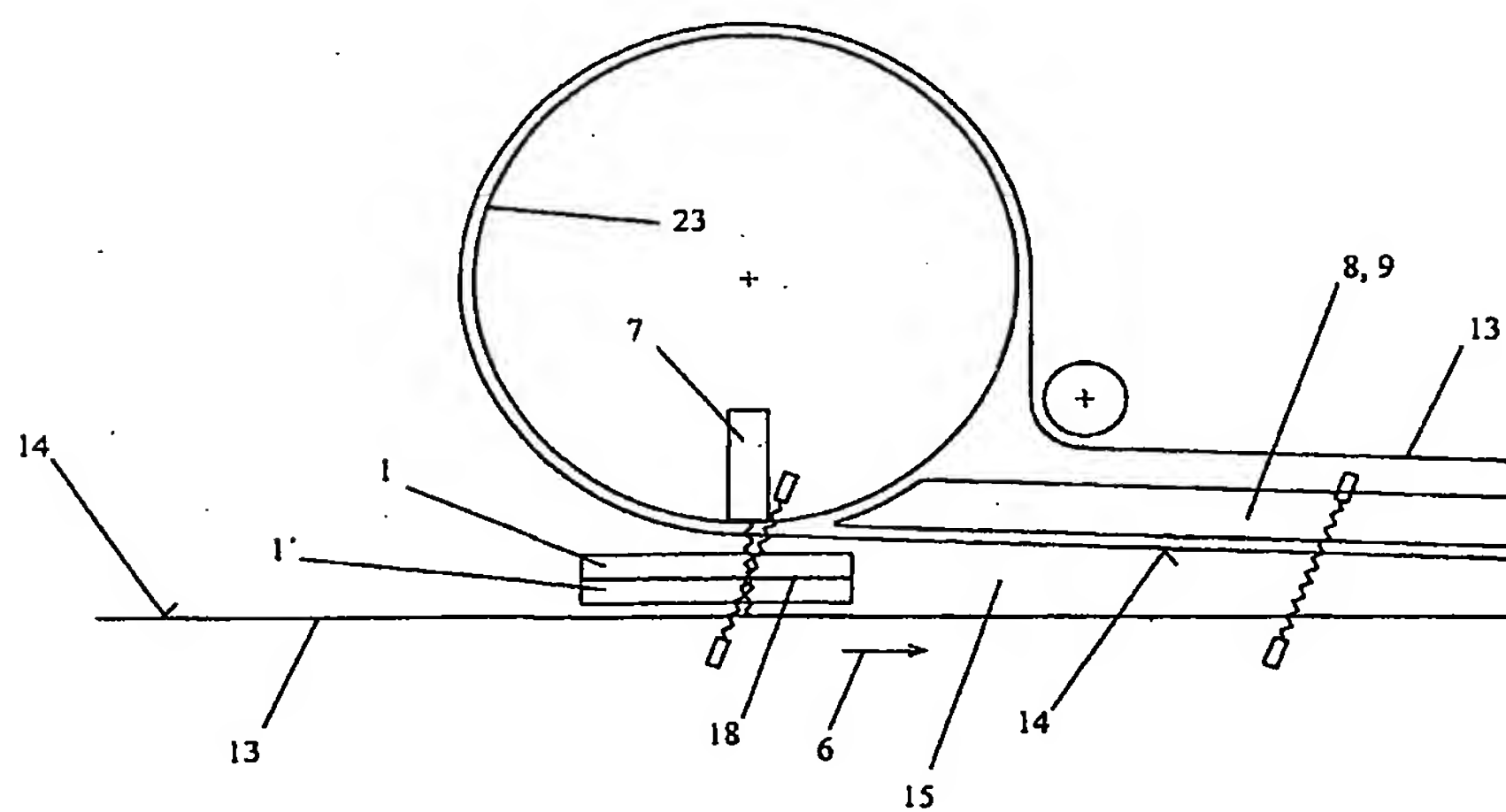


FIG. 11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/AT2005/000034A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B27M1/02 B30B5/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 B27M B30B B32B B27D B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 853 402 C (DYNAMIT-ACTIEN-GESELLSCHAFT) 23 October 1952 (1952-10-23) the whole document	1-34
A	US 6 047 751 A (SUN-TAE AN) 11 April 2000 (2000-04-11) cited in the application the whole document	1, 19
A	WO 00/79137 A (WOODWELDING AG; AESCHLIMANN, MARCEL; MOCK, ELMAR; TORRIANI, LAURENT) 28 December 2000 (2000-12-28) cited in the application claims; figures	2-18
-/--		

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 May 2005

Date of mailing of the international search report

19/05/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Meritano, L

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/AT2005/000034

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 601 162 C (MAATSCHAPPIJ AGO N. V) 9 August 1934 (1934-08-09) cited in the application the whole document	1,2,19
A	DE 636 413 C (SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AKT.-GES) 8 October 1936 (1936-10-08) cited in the application the whole document	1,2,19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/AT2005/000034

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 853402	C	23-10-1952	BE 502286 A CH 288879 A CH 289169 A CH 290149 A CH 292879 A CH 299564 A FR 1039678 A GB 708342 A NL 83740 C	15-02-1953 28-02-1953 15-04-1953 31-08-1953 15-06-1954 08-10-1953 05-05-1954
US 6047751	A	11-04-2000	CA 2262811 C CN 1232737 A ,C JP 3018328 B2 JP 11291208 A KR 272767 B1	14-11-2000 27-10-1999 13-03-2000 26-10-1999 01-12-2000
WO 0079137	A	28-12-2000	CH 694058 A5 AT 292248 T AU 765622 B2 AU 5056500 A BR 0012297 A CA 2377408 A1 WO 0079137 A1 CZ 20014455 A3 DE 50009925 D1 EP 1190180 A1 HU 0201801 A2 JP 2003502602 T MX PA01013153 A PL 354290 A1	30-06-2004 15-04-2005 25-09-2003 09-01-2001 26-03-2002 28-12-2000 28-12-2000 12-06-2002 04-05-2005 27-03-2002 28-09-2002 21-01-2003 20-08-2003 29-12-2003
DE 601162	C	09-08-1934	BE 375311 A FR 707391 A GB 372381 A NL 29949 C	07-07-1931 02-05-1932 16-01-1933
DE 636413	C	08-10-1936	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/AT2005/000034

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B27M1/02 B30B5/06

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 B27M B30B B32B B27D B23K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 853 402 C (DYNAMIT-ACTIEN-GESELLSCHAFT) 23. Oktober 1952 (1952-10-23) das ganze Dokument	1-34
A	US 6 047 751 A (SUN-TAE AN) 11. April 2000 (2000-04-11) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1, 19
A	WO 00/79137 A (WOODWELDING AG; AESCHLIMANN, MARCEL; MOCK, ELMAR; TORRIANI, LAURENT) 28. Dezember 2000 (2000-12-28) in der Anmeldung erwähnt Ansprüche; Abbildungen	2-18
-/-		

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

6. Mai 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

19/05/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Meritano, L

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/AT2005/000034

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
A	DE 601 162 C (MAATSCHAPPIJ AGO N. V) 9. August 1934 (1934-08-09) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1,2,19
A	DE 636 413 C (SIEMENS-SCHUCKERTWERKE AKT.-GES) 8. Oktober 1936 (1936-10-08) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1,2,19

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT2005/000034

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 853402	C	23-10-1952	BE 502286 A CH 288879 A CH 289169 A CH 290149 A CH 292879 A CH 299564 A FR 1039678 A GB 708342 A NL 83740 C	15-02-1953 28-02-1953 15-04-1953 31-08-1953 15-06-1954 08-10-1953 05-05-1954
US 6047751	A	11-04-2000	CA 2262811 C CN 1232737 A ,C JP 3018328 B2 JP 11291208 A KR 272767 B1	14-11-2000 27-10-1999 13-03-2000 26-10-1999 01-12-2000
WO 0079137	A	28-12-2000	CH 694058 A5 AT 292248 T AU 765622 B2 AU 5056500 A BR 0012297 A CA 2377408 A1 WO 0079137 A1 CZ 20014455 A3 DE 50009925 D1 EP 1190180 A1 HU 0201801 A2 JP 2003502602 T MX PA01013153 A PL 354290 A1	30-06-2004 15-04-2005 25-09-2003 09-01-2001 26-03-2002 28-12-2000 28-12-2000 12-06-2002 04-05-2005 27-03-2002 28-09-2002 21-01-2003 20-08-2003 29-12-2003
DE 601162	C	09-08-1934	BE 375311 A FR 707391 A GB 372381 A NL 29949 C	07-07-1931 02-05-1932 16-01-1933
DE 636413	C	08-10-1936	KEINE	